FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1913 — N. —

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Par Eugène VIÉ

Médecin colonial de l'Université de Paris
Médecin sanitaire maritime
Membre de la société de Médecine et d'Hygiène tropicales de Paris

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

CONDUCTIVITÉ DES URINES PATHOLOGIQUES

Président : M. WEISS, *professeur.*

PARIS
VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS
23, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1913

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M. LANDOUZY.
Professeurs	MM.
Anatomie	NICOLAS.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	WEISS.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales	ACHARD.
Pathologie médicale	WIDAL. TEISSIER.
Pathologie chirurgicale	LEJARS.
Anatomie pathologique	Pierre MARIE.
Histologie	PRENANT.
Opérations et appareils	Aug. BROCA.
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET.
Thérapeutique	MARFAN.
Hygiène	CHANTEMESSE.
Médecine légale	THOINOT.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LETULLE.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
Clinique médicale	DEBOVE. LANDOUZY. GILBERT. CHAUFFARD.
Maladies des enfants	HUTINEL.
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale	Gilbert BALLET
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	GAUCHER.
Clinique des maladies du système nerveux	DEJERINE.
Clinique chirurgicale	Pierre DELBET. QUENU. RECLUS. HARTMANN.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	BAR. PINARD. RIBEMONT-DESSAIGNES.
Clinique gynécologique	POZZI.
Clinique chirurgicale infantile	KIRMISSON
Clinique thérapeutique	A. ROBIN.

Agrégés en exercice.

MM.

ALGLAVE	GUENIOT	LEREBOULLET	RIBIERRE
BERNARD	GUILLAIN	LÉRI	RICHAUD
BRANCA	JEANNIN	LŒPER	ROUSSY
BRUMPT	JOUSSET (André)	MAILLARD	ROUVIERE
CAMUS	LABBÉ (Henri)	MOCQUOT	SAUVAGE
CASTAIGNE	LAIGNEL-LAVASTINE	MULON	SCHWARTZ (A.)
CHAMPY	LANGLOIS	NICLOUX	SICARD
CHEVASSU	LECÈNE	NOBÉCOURT	TANON
COUVELAIRE	LEMIERRE	QUINCZYC	TERRIEN
DESMAREST	LENORMANT	OMBRÉDANNE	TIFFENEAU
GOUGEROT	LEQUEUX	RATHERY	VILLARET
GREGOIRE		RETTERER	ZIMMERN

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

AUX DISPARUS QUI M'ONT AIME

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

AUX INSTRUCTEURS DE MON ENFANCE

ET DE MA JEUNESSE

A MES MAITRES EN CŒUR ET EN ESPRIT

51479

A MES MAÎTRES EN SCIENCES

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES ET DE
L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE RENNES
DE LA FACULTÉ DE PARIS
DE L'INSTITUT DE MÉDECINE COLONIALE
DE PARIS

A Monsieur le Docteur Ad. JAVAL

Chef du Laboratoire de Chimie biologique à l'Hôpital
de Rothschild
Chevalier de la Légion d'honneur

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. le Professeur WEISS

Professeur de Physique à la Faculté de médecine de Paris
Chevalier de la Légion d'honneur

PREFACE

Depuis que la science de la Chimie physique est appliquée à la médecine et que Loeb (1) a préconisé en particulier la mesure de la conductivité électrique dans l'étude des liquides de l'organisme humain, de nombreux auteurs ont exercé leur sagacité à cet objet.

Ce qu'est cette conductivité, ce que sont les méthodes qu'ils ont été conduits à employer et à choisir, on s'en rendra compte au cours de ce travail.

L'appareil du subtil inventeur Kohlrauch s'est vite imposé.

Puisque nos recherches se restreignent à l'étude des liquides humains, à l'un d'entre eux pour être précis, et pour être plus exact encore, à quelques-unes des qualités que celui-là peut acquérir par l'effet de l'hyperthermie, nous ne nous étendrons pas sur les applications étrangères qu'a reçues la conductivité soit dans la sphère de l'industrie contre la falsification des vins, soit dans

1. Loeb. *The Physiological Problems of to day*, d'après Van't Hoff. (*La chimie physique et ses applications*, trad. Corvisy. Paris, Hermann, 1903.

le domaine de l'hygiène là où la crénothérapie l'a consacrée plusieurs fois, au contrôle des concentrations, au sein des sources minérales au cours de ces dernières années.

Cette extension aux humeurs, aux liquides de l'organisme humain des mesures de la conductivité, plusieurs l'ont abordée avant nous. Pendant l'année 1912 Lesage et Dongier de concert, Long de son côté en Amérique, puis dans le courant de l'année suivante Guye et Bogdan à Genève présentèrent successivement des publications isolées ; Demerliac en 1903 puis Wilson en 1905, Botazzi en 1908, Dutoit et Mojoïu en 1910, enfin Javal et Boyet à leur tour en 1912 dans plusieurs communications reprirent, complétèrent les problèmes envisagés par les premiers auteurs.

Dans le tome CXXXIV des Comptes rendus de l'Académie des sciences on trouvera les conclusions de Lesage et Dongier (1) sur l'état diélectrique du sérum du sang de l'homme. Par la suite l'Américain Wilson (2) en 1905, l'Italien Botazzi (3) en 1908 s'étendent sur le même sujet. Nous n'avons pas à y insister à cette place.

Les autres auteurs que nous nommons ont étudié spécialement la conductivité des urines. Ils nous arrêteront davantage : ce sont nos devanciers en effet.

1. Lesage et Dongier. (*C. R. Académie des sciences*, 1902, t. CXXXIV, p. 612 et 839.)

2. Wilson. *Measurement of electrical conductivity for clinical purposes.* (*Amer. Journ. of. Physiology*, 1905, p. 138.)

3. Botazzi. *Recherches physico-chimiques sur les liquides animaux.* (*Archives italiennes de Biologie*, 1908.)

D'abord ce fut l'Américain Long (1) dont nous regrettons de ne pouvoir citer les recherches.

A Genève, l'année suivante, Guye et Bogdan (2) publièrent, avec des tableaux de chiffres déjà, à propos d'urines normales et d'urines pathologiques « la conductivité trouvée » sur elles « expérimentalement, la conductivité spécifique d'une solution de chlorure de sodium a la même concentration en NaCl que l'urine examinée, la conductivité spécifique attribuable, par différence, aux matières élaborées sur 100 ». Et ils déduisirent, que « la conductivité spécifique pour les matières élaborées qui était de 0,00183 pour l'urine normale » en cause dans leurs expériences, « augmente dans l'urine pathologique de 0,00361 soit d'environ 200 °/₀. »

Ils esquissaient donc déjà un « calcul comparatif, effectué sur l'unité °/₀ de matières élaborées,... entre l'urine normale et l'urine pathologique »... Et ils concluaient en ces termes : « Ces exemples suffisent pour démontrer, croyons-nous, que les méthodes physico-chimiques sont susceptibles de fournir des éléments d'appréciation intéressants et nouveaux dans l'examen des liquides physiologiques et en particulier des éléments qui échappent à l'analyse usuelle et paraissent à première vue d'une très grande mobilité. Nous pensons également que leurs constantes permettent de suivre d'une façon plus certaine, les altérations que subissent

1. Long. *Journ. Amer. Chem. Society*, 1902, p. 996.

2. Guye et Bogdan. *Journal de Chimie physique*, Genève, 1903, p. 379.

avec le temps les liquides physiologiques. » C'est ainsi, par exemple, que la conductivité d'une urine conservée dans un vase ouvert a été trouvée.

$$\begin{aligned} \text{x } 18^{\circ} &= 0{,}0144 \text{ après émission} \\ &= 0{,}0147 \text{ 12 heures après émission} \\ &= 0{,}0152 \text{ 24 — —} \end{aligned}$$

« L'analyse chimique dans ces mêmes conditions n'accusait pas de variations sensibles. Cette augmentation de la conductivité résulte sans doute de la décomposition des non électrolytes en électrolytes. »

« L'exemple suivant est relatif à une urine conservée en vase fermé (dans la cuve électrolytique servant aux mesures).

$$\begin{aligned} \text{x } 18^{\circ} &= 0{,}01845 \text{ après émission} \\ &= 0{,}01901 \text{ 24 heures après émission} \\ &= 0{,}02104 \text{ 48 — —} \end{aligned}$$

« Même dans ce cas, l'augmentation de conductibilité qui est de 14 % est encore considérable et révèle des transformations chimiques qui échapperaient aux méthodes usuelles d'analyse. »

Nous avons tenu à rapporter cette dernière série d'observations pour attirer l'attention sur l'importance qui existe à effectuer les opérations de mesure sur les urines avant que vingt-quatre heures ne s'écoulent. Cette notion doit être retenue au cours de toutes les expériences. Nous ne sommes donc pas en dehors de notre sujet.

Il faut se garder d'oublier que c'est aussi à cettte date que Demerliac (1) lut à Angers le compte rendu de ses *Recherches sur la résistivité de l'urine* devant le Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences. On trouvera à notre chapitre III le résumé des mémoires et des acquisitions remarquables présentés à cette assemblée. Nous tiendrons à les exposer à leur place au cours de ces pages, car il font époque pour notre objet. C'est d'eux que nous tenons en effet le « rapport » dit « de Demerliac », d'une incontestable importance pour la simplification de nos calculs et d'une grande richesse de renseignements, puisqu'il silhouette par un seul chiffre le degré de rapidité de la circulation rénale et l'histopathologie des cellules nobles de cet organe : les cellules des glomérules et des tubuli contorti, maîtresses de la dépuration : les trous du filtre, si l'on tolère cette image approximative.

Ce n'est plus qu'en 1910 que Dutoit et Majoïu (2) publient au *Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles* leur collaboration sous le titre : *Volumétrie physico-chimique. Application de la méthode à l'urine.*

Nous devons, en France, à M. le Dr Adolphe Javal, chef de laboratoire à l'hôpital de Rothschild de la rue de Picpus et à son collaborateur M. Boyet d'avoir vu

1. Demerliac. *Recherches sur la résistance de l'urine* (Congrès Ass. franç. pour l'avanc. des sciences, Angers, 1903.)

2. Dutoit et Majoïu. *Volumétrie physico-chimique. Application de la méthode à l'urine* (*Bull. Société vaudoise des Sc. nat.*, 1910).

cette même année (1) et deux ans plus tard (2) la question ressaisie dans son entier, les notes éparses jusque-là réunies sous une même critique, revues, contrôlées, publiées, dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie* (3) et dans la *Presse médicale* (4).

Cette revision permit à ces deux auteurs d'exposer la technique fixe dont ils se servirent avec l'appareil de Kohlrauch et de faire connaître des tableaux que chacun peut lire avec fruit avant de poursuivre les mêmes études.

Au Congrès de Nîmes pour l'avancement des Sciences (5), on les entendit de nouveau exposer ce qu'est la conductivité et la résistivité, son inverse. Ils insistèrent à ce même Congrès, sur la cote que méritent les chlorures et les autres sels par rapport à ces mêmes

1. Javal et Boyet. *Variations de la conductivité électrique du sérum sanguin.* Comptes reudus de la Société de Biologie 1910, p. 442.

2. Javal et Boyet. *De la conductivité des liquides de l'organisme.* Comptes rendus de la Société de Biologie, 1912, t. LXXII, p. 157.

3. Javal et Boyet. *Evaluation du taux de la chlorurat.des liquides de l'organisme.* Comptes rendus de la Société de Biologie, 1912, t. LXXII, p. 272.

4. Javal et Boyet. *Applications de la Physico-chimie à l'étude des liquides de l'organisme. Presse médicale,* n° 51, 22 juin 1912, chapitre II, p. 538.

5. Javal et Boyet. *Cryoscopie, Conductivité électrique et Pression osmotique des liquides de l'organisme humain,* Comptes rendus de l'Associations française pour l'avancement des sciences. Congrès de Nîmes, 1912, p.

chlorures, dans le chiffre global de mesure d'une conductivité électrique pour une urine donnée.

Il était urgent de contrôler sous une technique uniforme les résultats antérieurs. Déjà en 1903, Guye et Bogdan regrettaient que cette branche de la Chimie physique manquât d'idée directrice et fourmillât de contradictions (1), aucune discipline commune ne reliant les efforts des auteurs. Pour ne citer qu'un faible exemple : l'un opère à 18°, l'autre à 25°. Ces points de vue individuels étaient peu faits pour simplifier. Ils sont regrettables et nuisibles plus spécialement dans les sciences ; là, encore plus que partout ailleurs, la discipline est créatrice.

C'est la lecture de ces travaux sortis du laboratoire de Chimie biologique de l'hôpital de Rothschild qui nous conduisit au projet de soumettre les urines de certains malades aux expériences qui n'avaient été entreprises avec quelque détail que pour les urines normales. Il parut au Dr Javal, notre guide et notre inspirateur, qu'il pouvait être intéressant de s'appliquer à cette recherche.

Sans doute, Guye et Bogdan de Genève s'étaient déjà préoccupés des urines pathologiques. Mais ils se bornent dans leurs notes à des comparaisons d'ensemble et s'ils citent en 1913, dans une étude comparative, que « la conductivité spécifique pour les matières élaborées... augmente dans l'urine pathologique... environ de

1. *Méthodes rapides pour l'analyse physico-chimique des liquides physiologiques*, *Journal de Chimie physique*, 1903, p. 380.

200 °/₀ » (1) ils n'en tirent point de conclusions. Nous essaierons d'aller plus avant.

On trouvera le problème posé dans toute son étendue un peu plus loin, mieux à sa place après certains préliminaires. Il suffit donc que l'on apprenne à la fin de cette préface, que le but principal de notre étude sera de rechercher si la loi bien posée pour presque tous les autres liquides de l'organisme: (sérum sanguin, liquide pleural, liquide céphalo-rachidien, urines normales), s'applique aussi aux urines pathologiques et si c'est bien aux électrolytes chlorés que revient la part la plus forte dans la conductivité électrique.

Mais la science moderne avance vite. Depuis les travaux de MM. Widal et Javal, les chercheurs tendent déjà à délaisser les urines pour reporter sur le sang toute l'attention de leurs analyses, afin d'éclairer les diagnostics et pronostics de la pathologie rénale. Après avoir longtemps exploré au-dessous de l'écluse, ils explorent maintenant au-dessus. Notre étude arrive-t-elle trop tard? Nous croyons que l'examen de l'urine restera longtemps utile encore si l'on s'aide surtout de la méthode de la conductivité électrique, méthode la plus rapide qui soit et déja bien assez précise quand la question touche les chlorures, les phosphates, sulfates, carbonates. « Les méthodes physico-chimiques... donnant... une exactitude plus que suffisante pour accuser des variations importantes dans les propriétés des liquides physiologiques, que l'on aurait grand'peine à déceler

1. Guye et Bogdam. *Loc. cit.*, p. 388.

autrement ; ...ces variations étant dues à des transformations chimiques des constituants de ces liquides physiologiques, il parait y avoir un réel intérêt à les étudier de plus près, surtout dans les cas pathologiques (1). »

Il faut maintenant que l'on connaisse toute l'étendue de nos sentiments à l'égard de M. le Dr Adolphe Javal. Rien ne fût né de ce travail sans ses précieux conseils.

Nous comprenons dans cet hommage M. le Dr Zadoc Kahn, médecin en chef de l'hôpital de Rothschild ; nous remercions M. Boyet, préparateur du laboratoire.

Par-dessus cet hommage spécial, notre émotion veut aller rejoindre ici-bas et partout ailleurs tous ceux dont notre intelligence a reçu une part de lumière. Notre reconnaissance s'adresse donc à tous les Professeurs de l'École de Médecine de Rennes pour les précieux enseignements qu'ils nous ont donnés et tout particulièrement à MM. Follet, Bodin et Le Damany, aux Professeurs de la Faculté de Paris dont nous nous plairons toujours à suivre les cours magistraux, à MM. Gilbert et Dejerine en particulier qui nous ont reçu dans leur service. Enfin particulièrement à M. le Professeur Weiss qui nous a fait le très grand honneur d'accepter la présidence de notre thèse.

1. Guye et Bogdan. *Loc. cit.*, p. 390.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

CONDUCTIVITÉ DES URINES PATHOLOGIQUES

INTRODUCTION

« Pour assurer les progrès de la science des corps vivants, il faut indispensablement poursuivre l'investigation des phénomènes qui s'y passent, à l'aide de procédés semblables à ceux dont se servent les physiciens et les chimistes », écrivait A. Becquerel (1) en 1841. Depuis lors, l'Urologie chimique fournit « des signes importants en pathogénie, en diagnostic, en pronostic et en thérapeutique. Mais elle n'est, en dernière analyse, qu'un instrument d'exploration, comme le thermomètre ; les renseignements qu'elle donne n'ont qu'une valeur intrinsèque si on les envisage isolément. L'accroissement ou la diminution des oxydations, la présence, l'absence, les variations quantitatives de tel ou tel produit n'ont

1. A. Becquerel. *Séméiotique des urines*. Paris, Fortin-Masson, 1841.

une véritable importance que si le clinicien les rapproche de l'ensemble séméiologique qui constitue les autres moyens d'investigation. L'interprétation de cet ensemble et non pas seulement d'un signe particulier conduit le médecin à formuler un diagnostic, un pronostic, un traitement (1). »

Sous ces réserves, l'analyse de l'urine fournit des indications précises.

Mais qu'est-ce que cette urine en somme ?

« L'urine peut être considérée comme une solution aqueuse de substances organiques et minérales, libres ou combinées à l'état de sels, produits de désassimilation destinés à être rejetés de l'organisme. Le rein étant la grande voie d'excrétion des sels, elle est le miroir le plus fidèle que nous possédions des échanges nutritifs (2). »

Depuis longtemps les physiologistes et les chimistes ont déterminé non seulement la qualité et la quantité des matériaux qu'un individu doit rendre chaque jour en moyenne dans son urine, mais encore les rapports entre eux de ses principes constituants. « C'est à déterminer ces rapports que doit s'attacher la séméiologie urinaire », leurs variations offrant en pathologie une base scientifique sérieuse.

« Si c'est l'analyse chimique qui a rendu jusqu'ici le plus de service » (3) pour l'examen de toutes les pha-

1. A. Robin. *La fièvre typhoïde.* Thèse de médecine, Paris, 1877.

2. Vieillard. *Essai de Séméiologie urinaire.* Paris, Société d'éditions scientifiques, 1902.

3. Le Gendre. *In Traité de médecine*, Charcot Bouchard.

ses par lesquelles passe la nutrition, reste-t-elle le seul moyen capable de nous éclairer ?

Les méthodes physico-chimiques dont Loeb (1) a préconisé l'application à l'étude des liquides physiologiques, la conductivité électrique notamment, ne peut-elle pas la suppléer pour la détermination de l'équilibre qu'offrent entre eux les sels excrétés ? Cette dernière ne permettrait-elle pas une évaluation plus rapide du rapport dans lequel le chlorure de sodium se trouve à l'égard des autres sels, et une observation facile des variations qu'il peut subir ?

C'est ce point que nous essayons de démontrer par ce qui suit.

Nous allons nous tenir pour cela dans la voie de l'expérience seule. « L'expérience est la source unique de la vérité (2). »

1. Loeb : *The physiological problems of to day. American Society of Naturalists Ithaca, 1897, in Van't Hoff. La chimie physique et ses applications*, Traduction Corvisy, Paris, Hermann, 1903.

2. H. Poincaré. *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion, 1909.

CHAPITRE PREMIER

Conductivité électrique

« Le but du présent article est d'attirer l'attention sur les lumières parfois très vives... que projettent dans ce domaine les faits et les théories de la dissociation électrolytique.

« Depuis fort longtemps on a remarqué que les substances liquides ou dissoutes se comportent de deux manières différentes vis-à-vis du courant électrique : les unes s'opposent à son passage, les autres le permettent, *conduisent* le courant. Et les substances qui conduisent le courant éprouvent en même temps des modifications dans leur nature chimique, sont décomposées, *électrolysées* par le courant. On les appelle des *électrolytes*. Chose intéressante : on a remarqué que, d'une manière générale, les électrolytes, bons conducteurs du courant, sont des *acides* ou des *bases* ou bien les *sels* résultant de la combinaison des acides et des bases. Les substances indifférentes (1), comme beaucoup

1. La dénomination *indifférente*, dit l'auteur, me semble préférable à celle de *neutres*, car la neutralité chimique n'exclut pas la dissociation : tous les sels neutres sont des électrolytes.

de substances organiques, ne sont pas des électrolytes (1). »

Les électrolytes intéressent seuls pour la conductivité électrique.

Dans le liquide où il se trouve en dissolution (2) l'électrolyte (chlorure de sodium, je suppose) est partiellement dissocié en ions (3), « parties constituantes d'une substance (la molécule) que le courant électrique sépare » (4). L'ion positif se nomme cathion, l'ion négatif s'appelle anion.

Le degré de la dissociation dépendant de la température ainsi que de la concentration, toutes les molécules qui flottent ne sont pas toujours dissociées, ce sont les molécules dites « neutres ».

« Lorsqu'un courant électrique » est lancé au travers d' « une solution saline, ce courant, agissant sur

1. L.-C. Maillard. *La dissociation électrolytique... J. de Pharmacie et de Chimie*, 1906, 2e partie, VIe série, t. XXIV, p. 408. Bibl. nat.

2. Sainte-Claire Deville. *Leçon sur la dissociation*, Paris, Hachette, 1866.

3. Cette dissociation est d'autant plus grande que la constante diélectrique du dissolvant est plus grande. La valeur la plus élevée de cette constante, ainsi que Nernst (a) et J.-J. Thomson l'ont montré, appartient à l'eau ; la plus grande ionisation a donc lieu dans les solutions aqueuses.

a. Nersnt. *Zeitschr. f. physiq. Ch.*, 1894, XIII, p. 531.

b. J.-J. Thomson. *Phil. mag* (5), 1898, XLVI, p. 528. *In* Javal et Boyet. *Applications de la Physico-Chimie à l'étude des liquides de l'organisme*. Ch. Conductivité, p. 538, n° 51, 22 juin 1912, *Presse médicale*.

4. Javal et Boyet. Congrès de Nîmes, *loc. cit.*

les ions qui errent libres dans la solution, les oriente et les dirige vers les électrodes suivant la loi des attractions et des répulsions électriques » (1). L'anion s'en va à l'anode et le cathion à la cathode (2) : le négatif au positif, le positif au négatif.

« En arrivant aux électrodes les ions perdent leur charge et leur caractère spécifique, ils reprennent leur individualité chimique ordinaire d'atomes ou de groupements d'atomes avec tous leurs attributs réactionnels. Le passage du courant correspond donc à un mouvement des ions vers les électrodes où ils se déchargent et entretiennent de la sorte le courant dans le circuit ; les ions seuls sont les agents du transport du courant (3). »

Il devient facile de comprendre après cet exposé quel est le mécanisme de la résistance qu'un liquide peut opposer au passage d'un courant. Puisque les ions seuls transportent l'électricité, plus le nombre des ions sera grand, moins la résistance sera forte. Et la loi des conducteurs métalliques conservant toute sa valeur ici : la résistance est proportionnelle à la longueur et en raison inverse de la section. La résistance d'un volume de

1. Javal et Boyet, cit. *Presse méd.*, 22 juin 1912, p. 538, 2e colonne.

2. Javal et Boyet. *Loc. cit.*

3. Pozzi-Escot. *Précis de Chimie physique*, Paris, Roussel, 1906. Cit. in article sur les « Applications de la Physico-Chimie » à l'Étude des liquides de l'organisme ; Cryoscopie, Conductivite, Pression osmotique : ch. Conductivité ; publié dans *La Presse médicale*. (N° 51, 22 juin 1912.)

liquide de 1 centimètre carré de base et de 1 centimètre de hauteur est la résistance spécifique ou unité de résistance, on la nomme résistivité. Elle s'exprime en ohms comme la résistance.

*
* *

L'inverse de la résistance est la conductance ou conductibilité qui « exprime le fait de conduction électrique à travers une solution » (1).

Celui de l'unité de résistance est la conductivité ou conductance spécifique. La conductivité est donc égale à la conductance d'un liquide d'un centimètre cube de volume. On la désigne par la lettre K. Soit un volume de longueur l et de section s : sa conductance $K \frac{l}{s} = x$; sa conductivité serait obtenue par le calcul suivant : $K \times \frac{l}{s}$; $\frac{l}{s} = \frac{1 \text{ c.}}{1 \text{ cm}^2}$, donc $K \times 1$; une fois K c'est K, d'où $K \times 1 = K$.

Mesure pratique de la conductivité électrique dans les liquides. — Pour obtenir la valeur de la conductance spécifique d'un électrolyte, « on mesure la résistance de la portion de ce liquide comprise entre deux électrodes de platine de position fixe et bien déterminée. On se sert d'un vase d'Ostwald.

Ce vase, récipient cylindrique fait de verre d'Iéna, « renferme deux électrodes de platine portées cha-

1. Javal et Boyet. Congrès de Nîmes, *loc cit.*

cune par un fil de platine scellé dans un tube de verre » (1) ; chaque tube est fixé dans un couvercle en ébonite ; « de cette façon les électrodes occupent l'une par rapport à l'autre une position constante, ce qui est évidemment de la plus haute importance ».

« Les électrodes doivent être platinées, c'est-à-dire enduites de noir de platine électrolytique et bien adhérent (2). »

Le vase est rétréci à sa partie inférieure un peu à la façon des tubes de centrifugation. Son bord supérieur s'adapte exactement dans la rainure circulaire que le couvercle d'ébonite porte à sa face inférieure.

« Dans ces conditions l'expérience a démontré que la résistance trouvée pour un liquide à une température donnée est bien constante, à la condition, facile à satisfaire, que le niveau du liquide dépasse les électrodes d'une hauteur au moins égale à leur intervalle. »

Les électrodes de platine limitent un certain volume de liquide de section s, de longueur l toutes deux constantes. Soit R la résistance de cette colonne de liquide, résistance qu'on trouve expérimentalement. La conductance, son inverse, est

$$\frac{1}{R} = K \frac{l}{s}$$

1. Chaque tube contient du mercure où l'on enfonce au moment de la mesure les deux fils électriques qui viennent de l'appareil ; le mercure sert de prise de contact entre les électrodes fixes du vase et les deux fils.

2. Javal et Boyet. *Applications de la Physico-Chimie à l'étude des liquides de l'organisme humain. Loco citato*, p. 538, 2e colonne.

Si l'on mesure avec le même vase la résistance R' d'une solution type au 1/50 normale de chlorure de K (1 gr. 49 par litre) dont la conductivité K' (= 0,00276) est donnée par les tables de Kohlrauch (3).

On a :

$$\frac{1}{R'} = K' \frac{l}{s}$$

d'où l'on tire :

$$\frac{R}{R'} = \frac{K}{K'}$$

et :

$$K'R' = KR$$

Posons :

$$K'R' = A$$

on a :

$$A = KR$$

et :

$$K = \frac{A}{R}$$

La valeur A est appelée la constante de l'appareil. Elle a été trouvée de *0,42* pour celui dont nous nous sommes servi. Une fois pour toutes déterminée il suffit de la vérifier de temps en temps avant de nouvelles expériences.

Comment obtient-on la résistance R ?

« Les courants alternatifs à fréquence et à force élec-

3. Kohlrauch et Holborn. *Leitvermögen der Electrolyte*. Leipzig, 1898.

tromotrice élevées et à faible intensité ne décomposant pas d'une façon appréciable les solutions salines, onpeut utiliser en biologie la méthode de Kohlrausch. Cette méthode peut, d'après M. Bouty (1) et la plupart des physiciens (2), fournir des résultats exacts dans la mesure des résistances électriques des solutions de concentration moyenne (3). »

Nous nous sommes servis de l'appareil de Kohlrausch modifié par Ostwald (4) mis à notre disposition par M. le Dr A. Javal dans son laboratoire de l'hôpital de Rothschild.

Avec la plupart des auteurs qui nous ont précédé nous avons conventionnellement adopté la température de 25° pour nos expériences quoique au point de vue biologique, il eût été plus intéressant et plus simple pour les calculs de monter à 37°, la normale thermique du corps humain (5).

1. Bouty. *Journal de physique*, 2e série, t. IV 1885. Cit. in Javal et Boyet. Comptes rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Nîmes, 1912. Article :.. Conductivité électrique... des liquides de l'organisme.

2. Gouré de Villemontée. *Résistance électrique et fluidité*, Paris. Gauthier-Villars, 1901.

3. *Loc cit.* Javal et Boyet. Congrès de Nîmes, 1912.

4. Ostwald. *Zeit. physikal. Chem.*, II, 561.

5. « La résistivité d'une substance ou son inverse, la conductivité varie avec la température : pour les liquides, la conductivité est d'autant plus faible que la température est plus basse. Ces variations qu'entraînent les fluctuations thermométriques, obligent à déterminer exactement la température du liquide au moment où l'on mesure la conductivité afin de faire les corrections nécessaires pour ramener cette mesure à une

Technique de la mesure. — L'appareil de Kohlrauch, modifié par Ostwald, et basé sur le principe du pont de Wheatstone comprend : 1° un accumulateur ; 2° une bobine de Ruhmkorff ; 3° une boîte de résistance de comparaison étalonnée avec le plus grand soin ; 4° un fil de mesure en platine fin et très bien calibré, tendu sur une règle de 1 mètre divisée au millième, sur laquelle se meut un curseur ; 5° un téléphone et 6° un vase à électrodes où l'on met le liquide à étudier. Ce vase se trouve placé dans un bain d'eau chauffé au gaz et maintenu d'une façon constante à la température choisie de 25° au moyen d'un régulateur à toluène,

température fixe. » In Javal et Boyet. *Cryoscopie, conductivité et pression osmotique...*, Congrès de Nîmes, *loc. cit.*

Loi générale en Conductivité que cette action de la température car d'autre part, Bouty et Cailletet écrivent dans le *Journal de Physique*, de 1912, p. 297 : « La résistance électrique des métaux purs croît avec la température. Ces variations constatées d'abord par Pouillet ont fait l'objet de mémoires nombreux de Lenz (1) et de MM. Ed. Becquerel (2), Arndtsen (3), Matthiessen (4), Mousson (5), et R. Benoît (6) (Sur la conductivité électrique des métaux purs aux basses températures, Bouty et Cailletet, cit).

1. Lenz. *Leitungsfæhigkeit der metalle für Elektricitat bei Verschiedenen Temperaturen* (*Pogg. Ann.*, t. XXXIV, p. 418 et t. XLV, p. 105 ; 1835-1838).
2. Ed. Becquerel. *Ann. de chim. et de Phys*, 3e série, t. XVII, p. 266, 1846.
3. Arndtsen. *Pogg Ann.*, CIV, p. I et CV, p. 148, 1858.
4. Matthiessen. Und V. Bosc, *Pogg. Ann.*, CXV, p. 353, 1862.
5. Mousson. Cité par Wiedman, *Die Lehre von der Elektricita*, t. I, p. 507.
6. R. Benoît. C. r. de l'Ac. des Sc., t. LXXVI, p. 342, 1873.

Lançons dans le système le courant induit de la bobine, le téléphone est actionné ; nous intercalons une résistance connue qui pour nos liquides est soit 40, soit 50 ohms, et nous manœuvrons le curseur de telle façon que le son du téléphone soit éteint ou passe par un minimum, ce qui nous conduit à une position facile à fixer sur la règle, avec un peu d'habitude, à un demi-millimètre près.

Dans une première opération, on détermine la valeur de la constante de l'appareil (qu'il suffira de vérifier de temps en temps par la suite), en se servant d'une solution de chlorure de potassium pur dans l'eau distillée, et dont la résistivité est donnée par les tables de Kohlrausch (1) à diverses températures.

On opérera ensuite avec le liquide à étudier : sa résistivité r et la résistance R de comparaison seront proportionnelles aux distances a de l'extrémité de la règle au curseur ; sa conductivité s'obtiendra en divisant la constante de l'appareil par le chiffre de la résistivité. Si on veut faire des mesures en série, on aura tout intérêt, une fois la constante de l'appareil bien fixée, à établir un tableau qui donnera instantanément la conductivité pour chaque position du curseur (2).

La résistivité sera donc :

$$\frac{r}{R} = \frac{a}{1000\text{-}a}$$

1. Kohlrausch et Holborn. *Leitvermœgen der Elecktrolyte*, Leipzig, 1898.

2. Javal et Boyet. *Application de la Physico-Chimie à l'étude des liquides de l'organisme. Presse médicale*, n° 51, 22 juin 1912.

d'où :

$$r = R \frac{a}{1000-a}$$

La conductivité nous sera donnée par la relation.

$$K = \frac{A}{r}$$

A égalant 0,42 dans notre appareil, on aura :

$$K = \frac{0,42}{r}$$

CHAPITRE II

Application de la Conductivité électrique à l'étude de l'urine

« La nutrition est l'expression essentielle de l'activité vitale, c'est la vie elle-même (1). » L'urine est le reflet de l'une et de l'autre.

Armand Gautier (2) dans ses *Leçons* enseigne que nous éliminons chaque jour par les urines de 9 à 12 grammes de matières minérales, surtout du chlorure de sodium. Il s'y joint des sulfates et phosphates alcalins avec des sulfates terreux ; des traces d'ammoniaque, d'acide silicique et de fer forment le complément négligeable.

Ces sels urinaires, on l'a vu, imposent la conductivité et les variations qu'elle subit.

Le chlorure de sodium, le principal, vient de notre alimentation. M. le Professeur Widal et son élève M. Ja-

1. Lukjanow. *Elém. de pathologie cellulaire générale.* Trad. Fabre Domergue et Pettet. Paris. Carré, 1895.

2. Armand Gautier. *Leçons de chimie biologique.* Paris, Masson, 1897.

val ont demontré que « à l'état normal les chlorures sont excrétés en même quantité que les chlorures ingérés ; ils sortent inaltérés des émonctoires tels qu'ils sont entrés dans l'organisme après y avoir joué par action de présence le rôle physique qui leur est dévolu ». Un grand nombre de travaux ont apporté, ces dernières années, toutes les clartés sur ce rôle. Nous les devons à la collaboration féconde de MM. Widal et Javal (3).

Les autres excreta salins ont eux une double origine. Les nucléines en se dédoublant conduisent à l'acide phosphorique ; les albumines d'après Roger (4) fournissent de l'acide sulfurique dans la proposition de 2,5 °/₀.

Dans l'urine, les deux acides se trouvent facilement saturés quand l'alimentation jette vers le rein une somme suffisante de bases sodiques et potassiques. Dans la circonstance opposée, ce sont ses alcalis fixes (sodium, potassium, calcium, magnésium) qui complètent la neutralisation. Mais l'augmentation de ces derniers ne pouvant pas être immédiate, la saturation provisoire se réalise ainsi qu'il suit : Les acides phosphorique, sulfurique s'emparent de la base ammoniacale issue des acides aminés fournis par la destruction de la série albuminoïde, et donnent des sels ammoniacaux qui sont éliminés ainsi.

L'urine est un solvant aqueux. Les sels, suivant la loi énoncée par Sainte-Claire Deville, s'y trouveront dis-

1. Widal et Javal. *La cure de déchloruration.* Paris, Baillère, 1906.

2. H. Roger. *Alimentation et digestion.* Paris, Masson, 1907.

sociés en ions. La conductivité électrique dépendant du nombre d'ions dissous, donc de la quantité de sels dissous, peut être utile par conséquent pour suivre l'excrétion minérale et à un degré plus élevé la marche de la déminéralisation, juger de son importance globale, si elle est totale ou partielle, c'est-à-dire frappe l'excrétion dans tous ses éléments ou dans quelqu'une de ses parties seulement.

Quelle application ferons-nous de ces vues ?

Dans le cours de ce travail, après avoir déterminé la conductivité des urines des observations citées, nous comparerons sa valeur à celle d'une solution isomoléculaire de chlorure de sodium dans l'eau pure. Ce faisant, nous pourrons déterminer la part des électrolytes non chlorés dans le chiffre de conductivité trouvé, établir le rapport des valeurs obtenues et alors résoudre ce problème :

a. — La conductivité de l'urine se trouve-t-elle régie spécialement par le chlorure de sodium ?

b. — Conséquemment, la mesure de la conductivité peut-elle renseigner avec une exactitude suffisante sur la teneur en sel marin d'une urine proposée ?

c. — Cette mesure rapide nous évitera-t-elle un dosage toujours assez long ?

Voici le plan que nous allons suivre :

Table de solutions de NaCl dans l'eau pur

Titre °/₀₀	K	Titre °/₀₀	K	Titre °/₀₀	K	Titre °/₀₀	K	Titre °/₀₀	K'	Titre °/₀₀	K
0.0585	3.10^4	1.8135	33.10^4	3.5685	63.10^4	5.3235	93.10^4	7.0785	123.10^4	8.8335	153.10^4
0.117	4.10^4	1.872	34.10^4	3.627	64.10^4	5.382	94.10^4	7.137	124.10^4	8.892	154.10^4
0.1755	5.10^4	1.9305	35.10^4	3.6855	65.10^4	5.4405	95.10^4	7.1955	125.10^4	8.9505	155.10^4
0.234	6.10^4	1.989	36.10^4	3.744	66.10^4	5.499	96.10^4	7.254	126.10^4	9.009	156.10^4
0.2925	7.10^4	2.0475	37.10^4	3.8025	67.10^4	5.5575	97.10^4	7.3125	127.10^4	9.0675	157.10^4
0.351	8.10^4	2.106	38.10^4	3.861	68.10^4	5.616	98.10^4	7.371	128.10^4	9.126	158.10^4
0.4095	9.10^4	2.1645	39.10^4	3.9195	69.10^4	5.6745	99.10^4	7.4295	129.10^4	9.1845	159.10^4
0.468	10.10^4	2.223	40.10^4	3.978	70.10^4	5.733	100.10^4	7.488	130.10^4	9.243	160.10^4
0.5265	11.10^4	2.2815	41.10^4	4.0365	71.10^4	5.7915	101.10^4	7.5465	131.10^4	9.3015	161.10^4
0.585	12.10^4	2.34	42.10^4	4.095	72.10^4	5 85	102.10^4	7.605	132.10^4	9.36	162.10^4
0.6435	13.10^4	2.3985	43.10^4	4.1535	73.10^4	5.9085	103.10^4	7.6635	133.10^4	9.4185	163.10^4
0.702	14.10^4	2.4570	44.10^4	4.212	74.10^4	5.967	104.10^4	7.722	134.10^4	9.477	164.10^4
0.7605	15.10^4	2.5155	45.10^4	4.2705	75.10^4	6.0255	105.10^4	7.7805	135.10^4	9.5355	165.10^4
0.819	16.10^4	2.574	46.10^4	4.329	76.10^4	6.084	106.10^4	7.8390	136.10^4	9.594	$166\ 10^4$
0.8775	17.10^4	2.6325	$47\ 10^4$	4.3875	77.10^4	6.1425	107.10^4	7.8975	137.10^4	9.6525	167.10^4
0.936	18.10^4	2.691	48.10^4	4.446	78.10^4	6.201	108.10^4	7.956	138.10^4	9.711	168.10^4
0.9945	19.10^4	2.7495	49.10^4	4.5045	79.10^4	6.2595	109.10^4	8.0145	139.10^4	9.7695	169.10^4
1.053	20.10^4	2.808	50.10^4	4.563	80.10^4	6.318	110.10^4	8.0730	140.10^4	9.828	170.10^4
1.1115	21.10^4	2.8665	51.10^4	4.6215	81.10^4	6.3765	111.10^4	8.1315	141.10^4	9.8865	171.10^4
1.17	22.10^4	2.925	52.10^4	4.68	82.10^4	6.435	112.10^4	8.19	142.10^4	9.945	172.10^4
1.2285	23.10^4	2.9835	53.10^4	4.7385	83.10^4	6.4935	113.10^4	8.2485	143.10^4	10.0035	173.10^4
1.2870	24.10^3	3.042	54.10^4	4.797	84.10^4	6.5520	114.10^4	8.307	144.10^4	10.0620	174.10^4
1.3455	$25\ 10^4$	3.1005	55.10^4	4.8555	85.10^4	6.6105	115.10^4	8.3655	145.10^4	10.1205	175.10^4
1.404	26.10^4	3.159	56.10^4	4.914	86.10^4	6.669	116.10^4	8.424	146.10^4	10.179	176.10^4
1.4625	27.10^4	3.2175	57.10^4	4.9725	87.10^4	6.7275	117.10^4	8.4825	147.10^4	10.2375	177.10^4
1.521	28.10^4	3.276	58.10^4	5.031	88.10^4	6.786	118.10^4	8.541	148.10^4	10.296	178.10^4
1.5795	29.10^4	3.3345	59.10^4	5.0895	89.10^4	6.8445	119.10^4	8.5995	149.10^4	10.3545	179.10^4
1.638	30.10^4	3.393	60.10^4	5.148	90.10^4	6.903	120.10^4	8.658	150.10^4	10.413	180.10^4
1.6965	31.10^4	3.4515	61.10^4	5.2065	91.10^4	6.9615	121.10^4	8.7165	151.10^4	10.4715	181.10^4
1.755	32.10^4	3.51	62.10^4	5.265	92.10^4	7.02	$1s2.10^4$	8.775	152.10^4	10.53	182.10^4

1° Mesurer la conductivité électrique de l'urine : on a vu plus haut le principe de cette exploration.

2° Mesurer la conductivité de solutions aqueuses de chlorure de sodium contenant par litre de 0 gr. 585 à 10 grammes de sel. Voir dans le tableau ci-après les résultats de ces mesures.

Pour une solution contenant :

0 gr. 585	de NaCl par litre	$K = 12.10^{-4}$
1 — 17	—	$K = 22.10^{-4}$
2 — 925	—	$K = 52.10^{-4}$
3 — 51	—	$K = 62.10^{-4}$
4 — 68	—	$K = 82.10^{-4}$
5 — 85	—	$K = 102.10^{-4}$
7 — 02	—	$K = 122.10^{-4}$
8 — 19	—	$K = 142.10^{-4}$
9 — 36	—	$K = 162.10^{-4}$
10 — 0035	—	$K = 173.10^{-4}$

Il est facile de trouver par interpolation les valeurs de K pour des concentrations salines intermédiaires entre les précédentes. Avec une courbe à grande échelle à la place du tableau ci-contre (p. 35) on montrerait également bien la variation continue de K dans les limites de concentration adoptées.

3° Doser les chlorures urinaires.

Nous avons adopté pour cela la méthode Carpentier-Volhard préconisée par MM. Widal et Javal (1).

Cette technique consiste à ajouter, dans des urines

1. Widal et Javal, *loc. cit.*

acidifiées, une quantité connue d'une solution titrée de nitrate d'argent, en excès afin de précipiter la totalité des chlorures contenus dans l'urine ; à filtrer la liqueur pour la débarrasser du précipité de chlorure d'Ag qui vient de se former ; puis à doser dans cette liqueur l'excès de nitrate d'Ag qui est resté inutilisé pour la précipitation des chlorures.

Principe de ce dosage. — Ce dernier dosage en voici le principe : si on verse un sulfocyanure sur des sels d'argent et de fer en solution dans un liquide, il se formera tout d'abord du sulfocyanure d'Ag et ce ne sera que quand l'Ag sera précipité entièrement que le sulfocyanure commencera à se fixer sur le sel de fer, et que dans la liqueur laiteuse due au sulfocyanure d'Ag une belle teinte rose apparaîtra donnée par le sulfocyanure de fer. Pour réaliser cette opération il faut les réactifs suivants :

Réactifs. — *a*) Une solution aqueuse décinormale de nitrate d'Ag contenant 17 grammes de ce sel par litre ; 1 centimètre cube de cette solution correspond à 0 gr. 00585 de chlorure de sodium ou à 0 gr. 0035 de chlore.

b) Un flacon de solution aqueuse décinormale de sulfocyanure d'ammonium contenant un peu plus de 9 grammes de sel par litre, le sel du commerce étant très hygrométrique.

On titre cette dernière solution à l'aide de la liqueur d'argent en présence d'un sel de fer. L'addition progressive de petites quantités d'eau finit par amener la li-

queur cyanurée à correspondre volume à volume avec la solution d'argent.

c) Uue bouteille de solution d'alun de fer saturée à la température du laboratoire et soigneusement purgée de chlore.

d) De l'acide nitrique exempt de chlore ayant une densité égale à 1, 2.

Matériel. — 3 pipettes graduées contenant : 5 centimètres cubes, 10 centimètres cubes, 20 centimètres cubes.

2 ballons jaugés, jauge : 100 centimètres cubes, 50 centimètres cubes.

1 burette graduée.

1 entonnoir.

1 filtre.

1 vase à précipité.

Technique. — Dans le ballon de 100 centimètres cubes, introduire :

1° 10 centimètres cubes d'urine ;

20 centimètres cubes de la solution décinormale d'argent pour précipiter les chlorures ;

5 centimètres cubes d'acide nitrique, pour sensibiliser la réaction.

Agiter le mélange ; compléter à l'eau distillée jusqu'au trait 100 du ballon ; agiter de nouveau pour bien mélanger et jeter sur un filtre.

Recueillir alors 50 centimètres cubes du filtrat ; les placer dans le vase à précipité, plus 10 gouttes de la solution d'alun de fer, afin de doser par le sulfocyanure le réactif d'argent reste, en excès après précipitation des chlorures de l'urine en chlorure d'argent.

Dans ce but, laisser tomber goutte à goutte du bec de la burette de Moore, de la solution de sulfocyanure jusqu'à l'apparition, dans le vase à précipité où on les reçoit, d'une coloration rouge persistante, indice d'un commencement de formation de sulfocyanure de fer, donc de la fin de la précipitation du sulfocyanure d'argent. (V. Principe du dosage.)

Raisonnement. — S'il a fallu pour atteindre à ce résultat précédent, faire tomber de la burette de Moore dans le vase à précipité 3 centimètres cubes de la solution décinormale de sulfocyanure d'ammonium, c'est que les 50 centimètres cubes du filtrat versés dans ce vase renferment une somme de sel d'argent correspondant à ces 3 centimètres cubes de la solution de sulfocyanure, c'est-à-dire, d'après la correspondance établie, 3 centimètres cubes de solution de sel d'argent. Les 100 centimètres cubes du mélange du premier vase contiennent donc le double de ce chiffre ou 6 centimètres cubes.

Il n'y a eu, par conséquent, d'employé pour la formation de chlorure d'argent dans la première réaction que :

20 cmc. — 6 cmc. = 14 centimètres cubes de la solution décinormale de nitrate d'argent.

Or, on sait que chaque centimètre cube de cette solution d'argent correspond à *0 gr. 00585* de NaCl, les *14 centimètres cubes* employés correspondront donc à :

$$14 \times 0{,}00585 = 0 \text{ gr. } 0819 \text{ de NaCl,}$$

0,0819 étant la quantité présente dans les *10 centimètres*

cubes de la prise d'essai prélevée dans la totalité de l'urine à examiner.

Le litre ou 1.000 centimètres cubes de cette urine renferme donc :

$$0{,}0819 \times 100 = 8 \text{ gr. } 19 \text{ de NaCl.}$$

Continuons à déduire plus avant :

8 gr. 19 de NaCl correspondent à un chiffre de K (142^{10-4}) ; il nous est fourni par la table des correspondances (p. 35) que nous avons d'avance dressée. Ce chiffre, on ne l'a pas oublié, c'est la conductivité que donne 8 gr. 19 de sel marin dissous au milieu de l'eau pure, sans aucune addition d'autre sel. Mesurons dans le vase d'Ostwald la conductivité totale de l'urine (mélange complexe) à analyser.

On obtient $K = 159^{10-4}$ par exemple.

Le nombre obtenu par différence entre les chiffres *159* et 142^{10-4} correspond à la conductivité qui revient dans l'urine donnée aux sels autres que le chlorure de sodium.

On connaît donc maintenant :

1° Et la quantité de NaCl contenue dans l'urine proposée ;

2° Et la quantité des autres sels, c'est-à-dire des autres électrolytes : phosphates, carbonates, sulfates... ;

3° Et la part de K attribuable à l'un comme aux autres. Notre opération est complète.

CHAPITRE III

Urines normales

En ce qui concerne ces urines nous nous en référons au travail communiqué par Demerliac (1) au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences, tenu à Angers en 1903.

Les observations de cet auteur portèrent pendant plusieurs mois sur les urines de six personnes jouissant d'une santé excellente : 2 hommes, 2 femmes et 2 enfants. L'alimentation de ces sujets fut maintenue variée et copieuse ; les uns burent du vin coupé d'eau, les autres préférèrent du cidre.

On peut donc tenir pour celle de l'urine humaine normale la conductivité de ces urines. Elle fut déterminée par la méthode de Kohlrausch.

Voici les conclusions de l'auteur :

Il existe un parallélisme mais non une proportionnalité étroite entre les variations de la conductivité et celles du poids de chlorure de sodium en solution dans une urine.

1. Demerliac. *Recherches sur la résistivité de l'urine humaine.* Congrès de l'Association française par l'avancement des Sciences, année 1903, Comptes rendus, p. 150 et Mémoires, p. 271.

La conductivité urinaire dépend en majeure partie du sel marin en solution.

Corollaire. — Dans une catégorie de cas, la mesure de cette conductivité peut renseigner suffisamment sur la richesse de l'urine en chlorure de sodium.

Elle présente un grand avantage : elle est rapidement effectuée, vingt minutes pour un homme expert ; un dosage, lui, est toujours long.

Les autres sels de l'urine ne restent pas négligeables. Il suffit, afin d'en juger, de prendre une urine quelconque puis une solution de chlorure de sodium dans l'eau pure, ayant même température même concentration toutes deux et de comparer l'un à l'autre leurs chiffres de conductivité. Le rapport entre ces deux valeurs :

$$\frac{\text{Conductivité d'une solution de NaCl. pur de même concentration que l'urine en NaCl,}}{\text{Conductivité de l'urine}}$$

est plus petit que l'unité, puisque les sels étrangers au chlorure de sodium ont dans le total de la conductivité urinaire (représenté par l'unité) une part qui vient en soustraction de la conductivité globale.

Lorsque les fonctions du rein sont normales, ce rapport affecte une valeur sensiblement constante, valeur voisine de 0,7. Ni l'âge, ni le volume d'urine, ni le sexe ne la modifie.

Qu'est-ce qui fera varier cette valeur ?

Koranyi (1) a soutenu que l'eau urinaire est filtrée par les glomérules et que plus bas dans les contournés elle est résorbée en partie. Donc, la longueur de ces

1. Koranyi.

canaux ou le temps que l'urine y séjourne, ce qui mène au même résultat, joue un rôle dans le phénomène qui s'y produit. Il n'est pas besoin de dire comment.

En effet, si l'on doit admettre que le chlorure de sodium seul est filtré par les glomérules et que l'eau l'entraîne aussitôt dans les tubes des canalicules, eux, excréteurs des autres sels, il n'y a en réalité qu'un épithélium assez mince à séparer de la masse du sang qui roule contre l'autre face de la paroi cette solution de sel marin en descente vers les bassinets ; l'osmose joue donc facilement : elle crée un double courant d'échange dans l'épaisseur de la paroi, entre la solution de sodium qui glisse dans le tunnel des tubes et les molécules des autres sels qui flottent dans le sérum sanguin amené par les artères rénales. Plus la présence est prolongée de part et d'autre de la membrane, plus l'osmose jouera complète. Donc, toute cause de ralentissement dans la circulation liquide appauvrit de ses sels marins à l'avantage des autres sels : sulfates, phosphates, etc., cette urine née des glomérules.

Par contre qu'une lésion cellulaire vienne altérer l'épithélium de revêtement des tubuli et voici l'osmose entravée ou modifiée tout au moins.

Enfin si la fonction rénale des canaux et des glomérules est parfaite dans tous les points, le rapport de Demerliac reste fixé vers la normale, c'est-à-dire autour de 0,7. Il avoisine seulement cette dernière et n'a pas un caractère constant, car la conductivité de l'urine varie d'une part avec le temps comme Guye et Bogdan (1)

1. Guye et Bogdan. *Méthodes rapides pour l'analyse physico-*

l'ont montré avant Ossv. Polimanti (1), du fait de l'hydrolyse de l'urée dans la transmutation de ce corps, molécule par molécule, en carbonate neutre d'ammoniaque.

$$Co\,(N\,H^3)^2 + 2\,H^2\,O = Co^3\,(N\,H^4)^2\,;$$

D'autre part tous les troubles légers de la circulation rénale, qui peut varier sensiblement, même dans l'état physiologique, sous les chocs venus de l'extérieur ou l'absorption de certaines substances peuvent faire osciller ce rapport ; toutefois il semble que même alors, on ne le voit guère se déplacer qu'entre des fractions assez voisines.

Il paraît donc susceptible de fournir des indications sur le fonctionnement du rein et la proportion des échanges dont ses cellules sont le siège.

En conséquence on peut retenir que si les fonctions du rein sont normales, toutes les fois le rapport sera voisin de 0,7.

Par contre si le débit des vaisseaux, même derrière un épithélium sain, vient à prendre une trop grande vitesse, le rapport monte vers l'unité puisque les échanges se font mal, ou s'opèrent en un temps trop court.

A l'inverse, y a-t-il stase ? Les phénomènes se suractivent au travers des parois des tubes. L'osmose a le temps de se compléter. Le sel marin rentre dans le sang,

chimique des liquides physiologiques. Journal de chimie physique, 1903, p. 379.

1. O. Polimanti. *Physikalisch Chemische Veränderungen einiger normalen Flussigkeiten während ihres Faulnisprozesses Bisch. Zeitsch.*, t. XI, 27 juin 1908, p. 260-271.

les autres sels arrivent en foule pour prendre la place qu'il laisse libre dans le liquide des canalicules. C'est la recherche de l'équilibre ; l'écart tend à diminuer entre les deux termes du rapport et 0,7 devient plus faible.

Que si l'épithélium s'altère, les échanges dévient de la normale, on trouve autre chose que 0,7, une valeur plus grande d'ordinaire ; les atteintes au protoplasme ayant pour effet habituel de mettre un obstacle aux échanges, elles protègent le chlorure marin contre la résorption secondaire.

Ces notions semblent, en résumé, avoir une importance précieuse toutes les fois qu'on voudra sonder soit la circulation rénale, soit la perméabilité de cet organe. « Les mesures se faisant rapidement, on pourra les utiliser en clinique pour la confirmation des diagnostics et suivre la marche des affections du cœur et du rein (1). »

1. Demerliac, *loc. cit.*

CHAPITRE IV

Urines pathologiques

C'est avec ces urines que commence la partie personnelle de notre travail. On y trouvera appliqués les principes exposés plus haut.

Nous avons pris deux malades de l'hôpital de Rothschild :

Un syphilitique en traitement (Obs. I).

Une fébricitant à fièvre prolongée (Obs. II).

Nous avons mesuré les chiffres de conductivité de leurs urines pendant toute la période de leur hospitalisation, calculé le rapport de Demerliac, enfin tiré des conclusions.

APPLICATION

Observation I

P... entre à l'hôpital de Rothschild, service de M. le Dr Zadoc Kahn, le 23 juillet pour un chancre syphilitique situé à la lèvre supérieure. Wasserman positif. Le diagnostic ne laisse pas de doute.

Ration alimentaire à partir de l'entrée :

Pain. . . .	300 grammes.
Bouillon . .	400 —
Viande . . .	100 —
Légumes . .	150 —
Vin	150 —
Lait	1.000 —

Le 25 juillet. — Injection intraveineuse de 0,60 de salvarsan.

Le 3 août. — Même injection. Même quantité.

Le 13 août. — 0 gr. 40 de salvarsan.

4, 30 juillet.
1, 6, 7, 8 août.
9, 10, 11, 12 août. } 0 gr. 02 de biiodure.

Le malade sort le 13 août.

Voir la courbe du mouvement thermique ci-dessous.

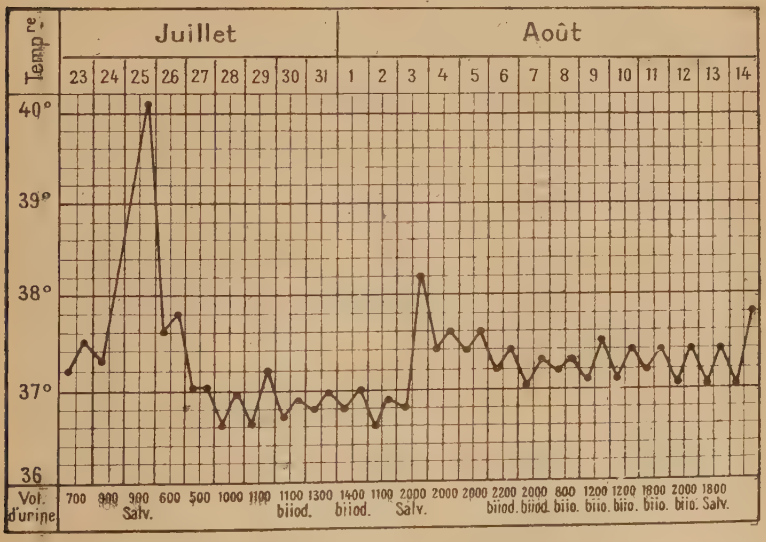


Fig. 1

Les urines sont examinées quotidiennement du 23 juillet au 13 août. Tableau des mesures, page 18 (*tableau de mesures de conductivité* nº I).

Tableau de mesures n° 1

Dates	Conductivité de l'urine $\times 10^{-4}$	Chiffre des chlorures	Conductivité d'une solution de NaCl isomoléculaire $\times 10^{-4}$	Rapport de la conductivité de la solution de NaCl pur à la conductivité de l'urine
Juillet 23	Entrée			
— 24	176	5.15	90	*0.511*
— 25	187	7.42	129	0.689
— 26	119	3.51	62	*0.521*
— 27	214	10.52	182	0.85
— 28	185	7.37	128	0.692
— 29	143	5.73	100	0.699
— 30	157	7.42	129	0.821
— 31 / Août 1er	127	6.78	118	0.929
— 2	149	8.42	146	0.979
— 3	138	7.61	132	0.956
— 4	196	6.67	116	*0.591*
— 5	227	10.88	188	0.828
— 6	170	7.25	126	0.741
— 7	200	9.36	162	0.81
— 8	217	9.13	158	0.728
— 9	163	8.72	151	0.926
— 10	135	7.49	130	0.963
— 11	146	6.55	114	0.781
— 12	119	5.91	103	0.865
— 13	102	4.91	86	0.843

Remarques. — L'examen de la courbe de température de ce malade montre deux oscillations à grande amplitude, l'une le 25 juillet, l'autre le 3 août, consé-

cutives toutes les deux à des injections de salvarsan.

Ce phénomène hyperthermique est bien connu. De même, on sait que pendant les périodes de fièvre, les phosphates et les sulfates urinaires ont des taux d'élimination élevés qu'un rapport constant réunit, mais que les chlorures, au contraire, qui ne dérivent pas comme les premiers de la série albuminoïde diminuent très rapidement. Lorsque la fièvre cesse, dit Blarez (1) tout revient à l'état normal : le taux des chlorures remonte (l'alimentation étant reprise), celui des autres sels s'abaisse (les oxydations diminuant et l'organisme réparant ses pertes).

Quels renseignements donnent les urines de l'observation I.

Taux des chlorures. — Il reste sensiblement constant, en rapport avec l'alimentation et la médication suivies. Mais le 26 juillet et le 4 août nous avons des urines fébriles, les chlorures sont abaissés :

Le 27 juillet à 3 gr. 51.

Le 4 août à 6 gr. 67.

Le lendemain par contre (débâcle) le taux des chlorures s'élève.

Le 27 juillet à 10 gr. 52.

Le 5 août à 10 gr. 88.

L'organisme paraît donc, dès l'hyperthermie passée, se libérer de l'excès des chlorures retenu pendant la fièvre.

1. Blarez. *L'urine au point de vue chimique et médical*, Paris, Maloine, 1910.

Conductivité. — Qu'est-elle ? Elle demeure en parallélisme avec l'élimination chlorurée.

Rapport de Demerliac. — Il présente des fluctuations intéressantes :

1° Il se montre normal les 25, les 28 et 29 juillet.

Les urines étudiées le 25 ont été émises la veille (urines de 24 heures évidemment) (1); le malade suivait déjà le régime alimentaire hospitalier, il n'avait encore reçu aucun traitement.

(1) Nous ne pouvons laisser passer sous silence qu'il est important d'effectuer les mesures de conductivité électrique sur des lots d'urine d'émission récente (urine de 24 heures au plus). La citation suivante extraite de l'*application à l'analyse de l'urine* des *méthodes rapides pour l'analyse physico-chimique des liquides physiologiques* publiée par Guye et Bogdan au *Journal de Chimie physique* de 1903, Ch. II, p. 389-390 en fournira un exemple :

« La conductivité d'une urine conservée dans un vase ouvert a été trouvée à 18°.

x 18°	: 0,0144		après l'émission
	: 0,0147	24 heures	—
	: 0,0152	42 heures	—

« L'analyse chimique dans les mêmes conditions n'accusait pas de variations sensibles. Cette augmentation de conductivité résulte sans doute de la décomposition de non-électrolytes en électrolytes.

« L'exemple suivant est relatif à une urine conservée en vase fermé (dans la cuve électrolytique servant aux mesures).

x 18°	: 0,01845		après émission
	: 0,01901	23 heures	—
	: 0,02104	48 heures	—

« Même dans ce cas l'augmentation de conductibilité qui est de 14 % est encore considérable et révèle des transformations chimiques qui échapperaient aux méthodes usuelles d'analyse. »

Les 28, 29 juillet, nous opérons sur des urines émises les 27 et 28. La décharge est déjà achevée, tout est revenu à la normale ; les urines reprennent les caractères généraux qu'elles possédaient avant l'ascension thermique.

2° Il est abaissé les 24 et 26 juillet et le 4 août.

Les urines du 24 sont les urines du 23, jour de l'entrée du malade dans le service, jour de régime lacté.

L'abaissement du rapport paraît être dû ici à une insuffisance d'absorption de chlorures, car la déminéralisation totale est au contraire forte. (Voir le chiffre de conductivité élevé, qui la décèle.)

Par contre le 26 juillet et le 4 août l'abaissement du même rapport paraît être déterminé par de la rétention chlorurée, les 25 et 3 ayant été des jours de fébricité.

3° Il est élevé les autres jours, toutefois sans parallélisme absolu avec les élévations du chiffre de l'élimination chlorée.

On remarque aussi que le rapport augmente à partir du 30 juillet, jour que le biiodure fut administré pour la première fois. La circulation rénale semble donc devenir plus facile sous l'influence du biiodure, les chlorures s'éliminer mieux.

En résumé, chez le malade objet de cette observation I, les fonctions rénales s'effectuent normalement malgré la présence du tréponème de Schaüdin et Hoffmann dans le sang, et le rapport de Demerliac reste voisin de 0,7 avant comme après une première injection intraveineuse de 0 gr. 60 de salvarsan.

Après les coups d'hyperthermie déterminés par les

injections de salvarsan le rapport de Demerliac s'abaisse : il y a de la stase rénale ; il s'élève, dépasse la normale dès que la médication iodo-iodurée est instituée : la circulation est devenue trop rapide maintenant dans le rein, les échanges s'effectuent mal en une période de temps trop courte.

Observation II

G..., teinturier, 48 ans, entre dans le service de M. le Dr Zadoc Kahn le 16 juillet. Anamnèse très insuffisante. Le malade ne peut préciser ni la date ni le siège de son mal. Il est abattu et prostré ; la bouche est pâteuse, la langue saburrale. Ni nausées, ni vomissements, mais de la diarrhée.

La température est élevée, le pouls rapide, résistant.

Pas d'éruption cutanée.

Quelques râles disséminés à l'auscultation. Léger souffle à la base du cœur.

Foie débordant de trois travers de doigt. Grosse rate.

Les urines peu abondantes sont troubles et foncées.

Provisoirement on pose le diagnostic de typhoïde, bien que ni la diazo-réaction d'Erhlich ni le séro-diagnostic de Widal n'aient été effectués, on donne des bains.

Le 13 août. — Douleurs articulaires sans gonflement.

Même prostration, même indifférence pendant tout son séjour à l'hôpital.

Le 12 septembre. — La guérison s'affirme complète.

G... reste cependant, par prudence, hospitalisé.

Analyse. — 17 juillet. — Régime : 2 litres de lait. Température : entre 39°2 et 39°8.

18. — 2 litres de lait. Médicaments : 1 gr. 50 d'urotropine, Todd 125 grammes.

19. — 2 litres de lait. Médicaments : 1 gr. 50 d'urotropine, Todd 125 gr. Adrénaline XV gouttes.

20. — 2 litres de lait. Champagne 150 cmc., café 100 cmc.

21, 22, 23. — Même alimentation. Mêmes médicaments que le 19 et le 20.

24. — 2 litres de lait, champagne, café. Injections intra-musculaires de 4 centimètres cubes d'huile camphrée.

25. — 4 litres de lait, champagne, café. Huile camphrée.

26. — 4 litres de lait, champagne, café. Médicaments : teinture de digitale XV gouttes, sirop de codéine 30 gr. Huile camphrée.

27. — Même alimentation. Même médication ; plus 0,40 de quinine.

28. — *Idem.*

29. — Même alimentation. Médicaments : XX gouttes de la solution d'adrénaline au 1 °/₀₀.

30, 31 juillet, 1er à 2 août. — Mêmes prescriptions.

3, 4. — Même alimentation. Médicaments : benzoate de soude 4 gr., sirop de codéine, 30 gr., sirop de tolu 30 gr., Julep 100 gr.

5, 6. — Régime : 2 bouillons de légumes, 4 œufs, 150 gr. de viande hachée, 3 litres de lait, champagne, café. Mêmes médicaments.

7, 8, 9. — Régime : 2 bouillons de légumes. 4 œufs, 1 tapioca au lait, 1 vermicelle au lait, 150 gr. de viande hachée, 150 gr. de vin, café, 3 litres de lait. Même médication.

10. — Régime : 2 bouillons de légumes, 4 œufs, 1 tapioca au

lait, 150 gr. de viande hachée, 1 purée, 2 compotes, 3 litres de lait, café, 150 g. de vin. Mêmes médicaments.

11 et 12. — Régime : 2 bouillons de légumes. 4 œufs, 1 riz au lait, 1 purée au lait. 150 gr. de viande hachée. 2 compotes, 3 litres de lait, café, 150 gr. de vin Mêmes médicaments.

13, 14, 15, 16. — Régime : 2 bouillons gras. 4 œufs. 1 côte mouton. 2 purées, 1 légume vert, 2 compotes. 150 gr. de pain. 3 litres de lait, café, 150 gr. de vin. Médicaments : sirop de codéine, 30 gr., tolu 20 gr., salicylate de soude 3 gr., bicarbonate de soude 2 gr.

17. — Régime : pas de changement. Médicaments : sirop de codéine 20 gr., tolu 20 gr., colargol 0 gr. 15, aspirine 1 gr., applications de teinture d'iode gaïacolée.

18. — Régime : 2 bouillons, 4 œufs, 150 gr. de viande hachée, 2 légumes, 2 compotes, 100 gr. de pain, 3 litres de lait, 150 gr. de vin, café. Médication : enveloppements : salicylate de méthyle, aspirine 1 gr., 1 cuillère à soupe de sérum antidiphtérique.

19, 20, 21, 22. — Régime : comme précédemment. Médication : mêmes prescriptions.

23, 24. — Régime : le même. Médication : la même ; de plus application de boues radifères.

25. — Régime : sans modification. Médication : 0 gr. 03 de Chlorhydrate de quinine en injection.

26. — Régime : 2 bouillons, 4 œufs, 2 purées, 2 compotes, pain, vin, café. Médication : 0 gr. 10 d'électrargol en injection intraveineuse.

27. — Pas de variations.

28, 29, 30. — Régime : celui du jour précédent. Médication : X gouttes de digitaline, 0 gr. 05 de calomel, 1 gr. 50 d'urotropine.

31. — Régime : aucun changement. Médication : X gouttes de digitaline, 1 gr. 50 d'urotropine, 0 gr. 30 de peroxyde de magnésium.

1er septembre. — Régime et médication antérieures.

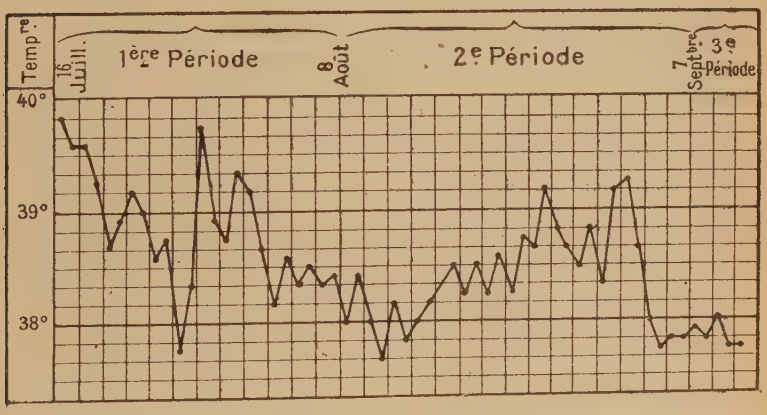
2. — Régime : *idem* et décoction de céréales 1 litre. Médication : 0 gr. 30 de peroxyde de magnésium, 0 gr. 75 de cryogénine, X gouttes de digitaline.

3, 4. — Régime : le même. Médication : la même.

5. — Régime : Voir celui de la veille. Médication : 0 gr. 75 de cryogénine, X gouttes de teinture d'aconit, 30 grammes de sirop de codéine, 30 grammes de sirop de tolu.

6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. — Régime : *Idem*. Modification : *Idem*.

Consulter ci-dessous la courbe de la moyenne thermique de ce malade.



Les urines recueillies par nyctémère, sont encore pour ce cas examinées chaque jour. L'ensemble des résultats est présenté dans le tableau des mesures n° 2 (p. 56).

Remarques. — Le malade de la première observation n'a présenté de fièvre que d'une manière accidentelle;

Tableau des mesures n° 2

Dates	Conductivité de l'urine $\times 10^{-4}$	Chiffre des chlorures par litre	Conductivité d'une solution de NaCl isomoléculaire des chlor. de l'urine $\times 10^{-4}$	Rapport de Dunerbac	Volume de l'urine	Chlorures éliminés par jour	Chlorures alimentaires
Juill. 16	137	2gr.51	45	0.328	800 cc	2gr.01	
— 17	129	2 34	42	0.325	600	1 40	3gr.
— 18	133	1 32	33	0.248	700	1 25	3
— 19	138	1 34	24	0.173	600	0 80	3
— 20	143	1 40	25	0.174	400	0 56	3
— 21	131	1 72	32	0.244	800	1 38	3
— 22	116	2 96	53	0.456	1.100	3 26	3
— 23	109	2 45	44	0 403	1.200	2 94	3
— 24	113	2 45	44	0.388	1.200	2 94	3
— 25	104	2 34	42	0.403	700	1 64	6
— 26	108	2 40	43	0.490	1.000	2 40	6
— 27	141	2 10	38	0.269	1.000	2 10	6
— 28	129	2 57	46	0.356	800	2 06	6
— 29	102	2 10	38	0.372	1.200	2 52	6
— 30	172	2 69	48	0 277	800	2 15	6
— 31	141	2 68	48	0 340	1.500	4 02	6
Août 1er	137	2 34	42	0,306	1 000	2 34	6
— 2	145	1 17	21	0.144	600	0 70	6
— 3	169	0 82	14	0.0875	800	0 66	6
— 4	176	1 17	21	0.119	400	0 47	6
— 5	172	1 17	21	0.122	900	1 05	12
— 6	190	1 17	21	0.110	600	0 70	12
— 7	186	2 34	42	0.225	600	1 40	12
— 8	235	2 46	44	0.187	1 500	3 69	12
— 9	311	8 42	146	0.469	1.200	10 10	12
— 10	244	4 10	72	0.295	2.000	8 20	12
— 11	173	3 51	62	0.358	3.000	10 53	12
— 12	162	3 62	64	0.394	3.100	11 22	12
— 13	162	2 57	46	0.284	3.100	7 97	12
— 14	164	3 92	69	0.421	2.900	11 36	12

Tableau des mesures n° 2 (*Suite*)

Dates	Conductivité de l'urine $\times 10^{-4}$	Chiffre des chlorures par litre	Conductivité d'une solution de NaCl isomoléculaire des chlor. de l'urine $\times 10^{-4}$	Rapport de Dunerbac	Volume de l'urine	Chlorures éliminés par jour	Chlorures alimentaires
Août 15	163	3gr.51	62	0.421	3.200 cc.	11gr.23	12 gr.
— 16	220	4 91	86	0.390	2.800	13 75	12
— 17	183	5 03	88	0.481	2.700	13 58	12
— 18	224	5 50	96	0.428	2.000	11	12
— 19	181	3 16	56	0.310	2.600	8 22	12
— 20	220	5 21	91	0.413	4.200	21 88	12
— 21	204	4 21	74	0.363	3.800	16	12
— 22	187	3 04	54	0.288	2.800	8 51	12
— 23	228	4 68	82	0.359	3 600	16 85	12
— 24	215	3 39	60	0.279	3.000	10 17	12
— 25	228	6 08	106	0.465	2.000	12 16	12
— 26	157	3 28	58	0.369	1.900	6 23	12
— 27	178	2 93	52	0.292	2.700	7 91	12
— 28	241	3 86	68	0.282	2.300	8 88	12
— 29	201	2 46	44	0.219	3.000	7 38	12
— 30	215	3 63	64	0.297	2.300	8 35	12
— 31	218	3 51	62	0.285	1.200	4 21	12
Sept. 1er	215	4 80	84	0.391	1.200	5 76	12
— 2	158	5 27	92	0.583	1.800	9 49	12
— 3	150	2 81	50	0.333	1.500	4 22	12
— 4	162	1 40	25	0.154	1.200	1 28	12
— 5	178	4 91	86	0.483	1.100	5 40	12
— 6	177	6 44	112	0.632	1.000	6 44	12
— 7	183	6 08	106	0.579	1.000	6 08	12
— 8	205	8 07	140	0.682	1.100	8 88	12
— 9	223	8 89	154	0.690	1.000	8 89	12
— 10	221	8 42	146	0.660	1.000	8 42	12
— 11	233	8 76	152	0.652	1.100	9 64	12
— 12	227	8 66	150	0.661	1.200	10 39	12

au contraire, dans la seconde, l'hyperthermie est continue. Les urines du second malade augmentent donc nos documents sur les urines fébriles, elles complètent les documents que nous avons déjà recueillis.

Quels renseignements nous donnent-elles ?

Taux des chlorures. — Ici ses variations vont nous permettre de diviser notre observation en trois périodes.

Première période. — (du 16 juillet au 9 août).

Ce qui lui donne son caractère c'est que le taux de chlorures y reste au-dessous de 3 grammes.

(Maximum 2 gr. 86 le 22 juillet ; minimum 0 gr.82 le 3 août.)

Seconde période. — (du 9 août au 8 septembre).

Le taux des chlorures oscille très irrégulièrement de 8 gr. 42 le 9 août à 4 gr. 10 le lendemain, pour varier entre 3 et 5 grammes ensuite jusqu'au 4 septembre, date à laquelle il s'abaisse à 1 gr. 40 pour remonter aussitôt à 4 gr. 91, enfin au-dessus de 6 grammes.

Troisième période. — (du 8 au 13 septembre).

Maintenant, le chiffre des chlorures joue entre 8 et 9 grammes ; on peut le dire à peu près constant.

L'élimination des chlorures est-elle en proportion de ces mêmes sels ingérés ?

Du 16 juillet au 5 août le régime lacté est absolu. Les chlorures absorbés (1) : 3 grammes, puis 6 grammes, ont

1. Du 16 juillet au 25 : 3 grammes de NaCl par jour (*1 gr. 50 par litre de lait, chiffre de M. le Professeur Widal*) ; du 25 juillet au 6 août : 6 grammes de NaCl par jour.

un chiffre supérieur à celui des chlorures éliminés, constamment au-dessous de 3 grammes (moyenne 2 gr. 02) : il y a donc rétention.

A partir du 5 août. Alimentation plus copieuse et plus riche en chlorures.

Les trois premiers jours, le taux des chlorures reste ce qu'il était les jours précédents. Cependant l'équilibre des chlorures est rompu au sein de l'organisme du fait d'un apport plus élevé ; la situation ne peut durer; aussi tout à coup le 9 août l'urine jette hors des émonctoires 8 gr. 42 de sel marin.

Puis la rétention recommence, mais sa courbe est très inégale. Enfin, tout se régularise à partir du 6 septembre : plus de 6 grammes pendant deux jours, plus de 8 le troisième jour, et cette proportion reste fixe jusqu'à la fin de l'observation, c'est-à-dire cinq jours durant.

Conductivité. — Fluctuations très irrégulières, sans parallélisme apparent avec celles de l'élimination des chlorures toutefois.

De plus, la part de ces derniers semble très faible dans le chiffre de K, la valeur de celui-ci paraît être bien plus sous la dépendance des électrolytes non chlorés, du 16 juillet au 8 septembre d'une façon toute particulière.

Mais à partir du 8 septembre, les chlorures augmentent rapidement, et c'est au taux de ces électrolytes que cette fois répond l'élévation notable de la conductivité.

Rapport de Demerliac. — Pendant la période fébrile, c'est-à-dire de la rétention chlorurée, évidemment rap-

port très faible : le numérateur est petit, le dénominateur est grand, la conductivité élevée.

Jusqu'au 8 septembre, il oscille de 0,08 à 0,63.

Son minimum correspond au chiffre le plus bas de chlorures ; 0,82 par litre (3 août), son maximum de son côté, au nombre le plus élevé : 6 gr. 44 par litre (le 6 septembre).

A partir de ce moment enfin ce rapport se maintient élevé et reste voisin de la normale.

CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

De notre double étude sur les urines normales et les urines pathologiques il découle que :

A. — Pour les urines normales.

a) Le taux des chlorures impose la conductivité électrique.

b) Le rapport entre la conductivité d'une solution de sel marin pur et celle d'une urine considérée, toutes deux ayant la même concentration en chlorure de sodium, se montre voisin de 0,7.

Ce « rapport », dit « de Demerliac », nous permet de calculer approximativement la teneur en sel marin d'une urine dont la conductivité est connue. Une simple multiplication de cette conductivité par 0,7 donne la conductivité du chlorure pur. A ce moment il suffit de se reporter à un tableau dressé d'avance pour connaître le poids de chlorure qui correspond à ce chiffre de conductivité.

Conductivité totale de l'urine $\times$ 0,7 = conductivité due aux chlorures de cette urine, si l'on veut :

$$K \times 0{,}7 = K'$$

B. — Dans les urines pathologiques.

a) Chaque fois qu'elles sont fébriles la conductivité devient élevée. Or, la rétention des chlorures est de règle pour ces sortes d'urines ; si, donc, la conductivité demeure forte, ce ne sont plus les chlorures mais les électrolytes non chlorés qui sont le principal facteur dans cette conductivité élevée.

b) En conséquence, comme c'est logique, le rapport de Demerliac s'abaisse.

Mais nous devons en faire l'aveu : quelque chose nous échappe dans les motifs de cet abaissement ; ses variations semblent parfois dépendre de causes étrangères à l'oscillation du taux des chlorures. D'autres études seraient nécessaires pour éclairer ces phénomènes que nous ne pouvons expliquer et devons aujourd'hui laisser dans l'ombre.

Enfin, on peut se rappeler secondairement qu'une injection de salvarsan abaissa chez notre syphilitique, — par le mécanisme de la stase rénale qui paraît liée à l'hyperthermie, — le rapport de Demorliac et que celui-ci se releva dès que l'on fit intervenir la médication iodo-hydrargyrique. Ce même rapport était normal, avant ces deux médications, chez notre malade.

Vu, et approuvé,
le Président de thèse,
WEISS

Vu, le Doyen
LANDOUZY

Vu et permis d'imprimer,
le Vice-Recteur de l'Académie de Paris
L. LIARD

BIBLIOGRAPHIE

Arndtsen. — *Pogg. Ann.*, C. IV, p. 1 et C.V, p. 148, 1858.

Bancroft (W.-D.). — Quelques applications de la dissociation électrolytique à la médecine et à la Biologie. *Electroch. Industry*, p. 305, mai 1903.

Becquerel (A.). — Séméiotique des urines. Paris, Fortin Masson, 1841.

Becquerel (Ed.). — *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XVII, p. 266, 1846.

Benoit (R.). — Comptes rendus de l'Ac. des Sc., t. LXXVI, p. 342, 1872.

Blarez. — L'urine au point de vue chimique et médical. Paris, Masson, 1910.

Bouty. — Sur la conductibilité des liquides et la position des électrodes (*J. de Phys.*, 2e série, t. I, p. 346).

— Sur la conductibilité des dissolutions salines très étendues (*Ann. de Chim. et de Physiq.*, 6e série, t. III).

Bouty et Cailletet. — Sur la conductivité électrique des métaux purs aux basses températures. *Journal de Physique*, p. 297.

Bouty et Foussereau. — Sur l'emploi des courants alternatifs pour la mesure des résistances électriques. *J. de Phys. théorique et appliquée*, 2e série, t. IV, 1885, p. 419.

Bogdan. — V. Guye.

Botazzi. — Recherches physico-chimiques sur les liquides animaux (*Archives italiennes de Biologie*, 1908).

Boyet. — V. Javal.

Cailletet. — V. Bouty.

Demerliac. — Recherches sur la Résistivité de l'urine hu-

maine. Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences. Année 1903. Comptes rendus de l'Acad. des Sc., p. 150 et Mémoire, p. 271.

Dongier et Lesage. — C. R. Ac. des Sc., t. CXXX, 10 mars 1902, p. 612 et 14 avril 1902, p. 834.

Dutoit. — *R. de Chim. phys.*, 1903 : Conductibilité, dissociation et propriétés des électrolytes dans les dissolvants autres que l'eau, pouvoir dissociant, p. 617.

Dutoit et Mojoïn. — Volumétrie physico-chimique. Application de la méthode à l'urine (*Bull. Société vaudoise des Sc. nat.*, 1910).

Foussereau. — Recherches sur la conductivité des substances isolantes (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 6e série, t. V, p. 241 et 317 et *J. de Phys.*, 2e série, t. IV).

Gauthier (A.). — Leçons de Chimie biologique. Paris, Masson, 1897.

Gourie de Villemontée. — Résistance électrique. Paris, Gauthiers-Villars, 1901.

Guye et Bogdan. — Méthodes rapides pour l'analyse physico-chimique des liquides physiologiques. *J. de Chim. phys.*, 1903, t. I, p. 379 et s.

Henri (Victor). — Cours de Chim. physiq. Paris, Hermann, 1906.

Holborn. — V. Kohlrauch.

Javal et Boyet. — C. R. de la Soc. de Biol., t. LXXII, 1912, p. 172. Évaluation du taux de la chloruration des liq. de l'organ. par la mesure de leur conductivité.

— *Id.*, t. LXXII, p. 1912, p. 157. De la conductivité des liquides de l'organisme.

— *Presse médicale*, n° 51, samedi 22 juin 1912, p. 538-539. Application de la Physico-Chim. à l'étude des liquides de l'organisme, cryoscopie, conductivité, pression osmotique.

— Conf. Comptes rendus de l'Assoc. franç. pour l'avanc. des Sc. Congrès de Nîmes, 1912, cryoscopie, conductivité électrique et pression osmotiq. des liq. de l'organ. humain.

Kohlranch. — *Wied. Annalen*, t. VI, 1879, p. 145.

Kohlrauch und Holborn. — Leitvermœgen der Electrolyte, 1900.

Le Gendre. — In Traité de médecine. Charcot, Bouchard.

Lenz. — Leitungsfæhigkeit der metalle für Elecktricitat bei verschiedenen temperaturen (*Pogg. Ann.*, t. XXXIV, p. 418 et t. XLV, p. 105, 1835-1838).

Lesage. — V. Dongier.

Lœb. — La chimie physiq. et ses applicat., trad. Corvisy.

Long (J.-H.). — *J. Chem. Soc.*, 1902, p. 996.

Lukganow. — Elém. de pathol. cellul. génér. Trad. Fabr. Domergue et Pettet. Paris, Carré, 1895.

Maillard (L.-C.). — La dissociation électrolytique dans les sciences physiologiques et pharmacologiques. *J. de Pharmacie et de Chimie*, 2e partie, 6e série, t. XXIV, p. 407, 1906.

Matthiessen und Bosc (V.). — *Pogg. Ann.*, CXV, p. 353, 1862.

Mousson. — Cité par Wiedmann. Die Lehre von der Elecktricitat, t. I, p. 507.

Nernst. — *Zeitschr. f. phys. Ch.*, 1894, XIII, p. 531.

Ostwald. — *Zeit. physikal Chem.*, II, 561.

Polimanti (O.). — Physikalisch chemische Veræenderungen einiger normalen Flussigkeiten wæhrend ihres Faulnisprozesses. *Bisch. Zeitsch.*, t. XI, 27 juin 1908, p. 240-271.

Pozzi-Escot. — Précis de chimie physique. Paris, Rousset, 1906.

Robin (A.). — La fièvre typhoïde. *Th. de méd. Paris*, 1877.

Roger (H.). — Alimentation et digestion. Paris, Masson, 1907.

Sainte-Claire Deville. — Leçons sur la dissociation. Paris, Hachette, 1866.

Thomson (J.-J.). — Phil. mag. (5), 1898, XLVI, p. 528.

Vieillard. — Essai de séméiologie urinaire. Paris, *Soc. d'Édit. scientif.*, 1902.

Widal et Javal. — La cure de déchloruration. Paris, Baillère, 1906.

Wilson. — Measurement of electrical conductivy for clinical purposes (*Amer. Journ. of Physiology*, 1905, p. 138).

TABLE DES MATIÈRES

Pages

PRÉFACE 9

INTRODUCTION. 19

CHAPITRE PREMIER. — Conductivité électrique 22

Mesure pratique de la conductance et de la conductivité des liquides 25

CHAPITRE II. — Application de la conductivité électrique à l'étude de l'urine 32

Méthode employée (méthode de mesure de Kohlrausch). 33

Dosage des chlorures urinaires (Procédé Carpentier-Vothard) 37

CHAPITRE III. — Urines normales 41

Rapport de Demerliac 42

CHAPITRE IV. — Urines pathologiques 46

Obs. I. 46

Remarques 48

Taux des chlorures 49

Conductivité. 50

Rapport de Demerliac. 50

Obs. II. 52

Remarques 56

Taux des chlorures 56

Conductivité 60

Rapport de Demerliac. 60

CONCLUSIONS GÉNÉRALES. 61

Urines normales 61

Urines pathologiques 62

BIBLIOGRAPHIE 63

MAYENNE, IMPRIMERIE CHARLES COLIN